

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-044051
 (43)Date of publication of application : 08.02.2002

(51)Int.Cl.

H04J 11/00
 H04B 7/06
 H04B 7/08

(21)Application number : 2001-151779

(71)Applicant : AT & T CORP

(22)Date of filing : 22.05.2001

(72)Inventor : LI YE
 SOLLENBERGER NELSON RAY
 WINTERS JACK HARRIMAN

(30)Priority

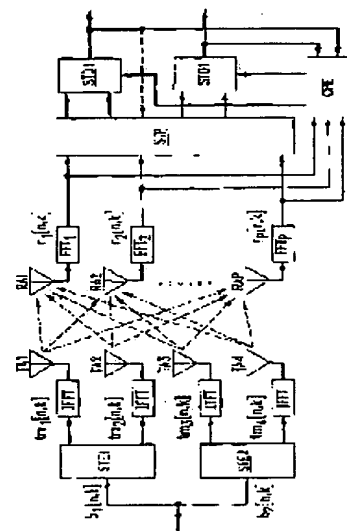
Priority number : 2000 206182 Priority date : 22.05.2000 Priority country : US
 2001 791523 23.02.2001

US

(54) MIMO OFDM SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a MIMO OFDM system which uses an independent space- time code for each of many transmission antenna sets.
 SOLUTION: The MIMO OFDM system is provided with a plurality of space- time encoders for encoding each data block assigned with an independent space- time code. Converted data block signals are transmitted by a plurality of transmission antennas, and then are received by a plurality of receiving antennas. Prior to the maximum likelihood estimation, the received data is subjected to a prewhitening process. In one example of implementation, the performance of the system can be improved by using continuous interference offset. Channel parameter estimators can be improved by weighting estimated values of channel impulse response based on the deviation from the mean.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 04.07.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-44051
(P2002-44051A)

(43) 公開日 平成14年2月8日(2002.2.8)

(51) IntCl ¹	識別記号	F I	チート・ド (参考)
H 0 4 J 11/00		H 0 4 J 11/00	Z 5 K 0 2 2
H 0 4 B 7/06		H 0 4 B 7/06	5 K 0 5 9
		7/08	D

審査請求 有 請求項の数17 O L (全 14 頁)

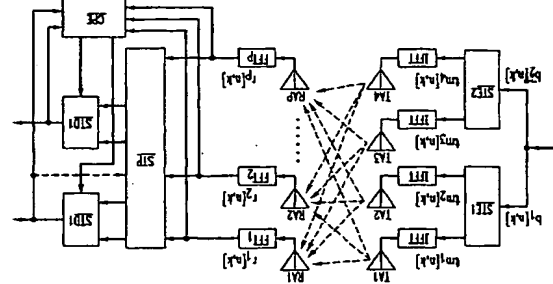
(21) 出願番号	特願2001-151779(P2001-151779)	(71) 出願人	390035493
(22) 出願日	平成13年5月22日(2001.5.22)	エイ・ディ・アンド・ティ・コーポレーション	オン
(31) 優先権主張番号	60/206182	AT&T CORP.	
(32) 優先日	平成12年5月22日(2000.5.22)	アメリカ合衆国 10013-2412 ニューヨーク	
(33) 優先権主張国	米国 (US)	ニューヨーク アヴェニュー オブ ジ アメリカズ 32	
(31) 優先権主張番号	09/791523	イー リー	
(32) 優先日	平成13年2月23日(2001.2.23)	アメリカ合衆国 07733 ニュージャージー	
(33) 優先権主張国	米国 (US)	イ、ホルムデル、ムルバリー レーン 8	
(74) 代理人	100064447	井理士 岡部 正夫 (外11名)	

(54) 【発明の名称】 MIMO OFDMシステム

(57) 【要約】

【課題】 多数の送信アンテナセットに対して、独立した空間-時間符号を用いるMIMO OFDMシステムを提供する

【解決手段】 MIMO OFDMシステムは、独立した空間-時間符号を有する各データブロックを符号化するための複数の空間-時間符号化器を備える。変換されたデータブロック信号は、複数の送信アンテナによって送信され、複数の受信アンテナによって受信される。受信されたデータは、最終検出を行う前に、事前白色化がシステム性能を改善することができ、チャネルパラメータ推定は、平均から偏歪に基づいてチャネルインパルス応答推定値を重み付けすることにより改善することができる。



BEST AVAILABLE COPY

(2)

特開平14-04051

前記第4の符号化された信号を第4の送信アンテナから送信するステップと、
【請求項1】 MIMO OFDM通信のための方法であって、
第1のデータブロックを第1の複数の符号化された信号に符号化するステップと、
第2のデータブロックを第2の複数の符号化された信号に符号化するステップと、
前記第1の複数の符号化された信号と前記第2の複数の符号化された信号とをそれぞれ、各送信アンテナにおいて送信するステップと、
前記送信された信号を複数の受信アンテナにおいて受信するステップと、
前記第1のデータブロック信号および前記第2のデータブロック信号をそれぞれの場合の前記受信信号を事前白色化するステップと、
前記事前白色化された受信信号それぞれにおいて、最終検出を実行するステップと、
前記受信信号において連続干渉相殺を実行するステップとを有する方法。

【請求項2】 CRC符号を用いて、前記連続干渉相殺を実行するステップをさらに含む請求項1に記載の方法。

【請求項3】 MMSEレベルを用いて、前記連続干渉相殺を実行するステップをさらに含む請求項1に記載の方法。

【請求項4】 チャネル遅延応答推定値を重み付けするステップをさらに含む請求項1に記載の方法。

【請求項5】 各遅延に対する平均チャネル応答推定値からの偏歪に基づいて前記チャネル遅延応答推定値を重み付けするステップをさらに含む請求項4に記載の方法。

【請求項6】 チャネル応答推定値を重み付けすることにより、チャネルのNMSEを最小にするステップをさらに含む請求項1に記載の方法。

【請求項7】 MIMO OFDM通信のための方法であって、
第1のデータブロックを、第1および第2の符号化された信号を生成する第1の空間-時間符号化器に供給するステップと、
前記第1の符号化された信号を第1の送信アンテナから送信するステップと、
前記第2の符号化された信号を第2の送信アンテナから送信するステップと、
第2のデータブロックを、第3および第4の符号化された信号を生成する第2の空間-時間符号化器に供給するステップであって、前記第1、前記第2、前記第3および前記第4の各符号化された信号は各OFDMブロックを形成するステップと、
前記第3の符号化された信号を第3の送信アンテナから送信するステップと、
第1のデータブロックを第1の複数の符号化された信号に符号化するステップと、
第2のデータブロックを第2の複数の符号化された信号に符号化するステップと、
前記第1の複数の符号化された信号と前記第2の複数の符号化された信号とをそれぞれ、各送信アンテナにおいて送信するステップと、
前記送信された信号を複数の受信アンテナにおいて受信するステップと、
前記第1のデータブロック信号および前記第2のデータブロック信号をそれぞれの場合の前記受信信号を事前白色化するステップと、
前記事前白色化された受信信号それぞれにおいて、最終検出を実行するステップと、
前記受信信号において連続干渉相殺を実行するステップとを有する方法。

【請求項8】 前記信号品質はMMSEに基づく請求項7に記載の方法。

【請求項9】 前記符号化された第1のデータブロック信号に復号化誤差が含まれず、前記第2のデータブロック信号に復号化誤差が含まれるとき、前記受信信号を再生成し、前記受信信号から前記第1のデータブロック信号を除去し、前記第2のデータブロック信号を再復号化するステップをさらに含む請求項7に記載の方法。

【請求項10】 ビタビ復号化を用いるステップをさらに含む請求項7に記載の方法。

【請求項11】 独立した空間-時間符号を用いて、前記第1および前記第2のデータブロック信号を符号化するステップをさらに含む請求項7に記載の方法。

【請求項12】 前記第1および前記第2のデータブロック信号のMMSE修復を行うステップをさらに含む請求項7に記載の方法。

【請求項13】 前記複数の受信アンテナは、少なくとも4本の受信アンテナを含む請求項7に記載の方法。

【請求項14】 チャネル遅延プロファイル情報に基づいて、チャネル応答推定値を重み付けするステップをさらに含む請求項7に記載の方法。

【請求項15】 推定されたチャネル応答の重み付きDFTを実行するステップをさらに含む請求項7に記載の方法。

【請求項16】 前記受信アンテナにわたって平均されたチャネル応答推定値の電力に対する雑音電力の比を1に加えた和の逆数に相当する重み付けファクタを計算するステップをさらに含む請求項7に記載の方法。

【請求項17】 MIMO OFDM通信のための方法であって、
第1のデータブロックを第1の複数の符号化された信号に符号化するステップと、
第2のデータブロックを第2の複数の符号化された信号に符号化するステップと、
前記第1の複数の符号化された信号と前記第2の複数の符号化された信号とをそれぞれ、各送信アンテナにおいて送信するステップと、
前記送信された信号を複数の受信アンテナにおいて受信するステップと、
前記第1のデータブロック信号および前記第2のデータブロック信号をそれぞれの場合の前記受信信号を事前白色化するステップと、
前記事前白色化された受信信号それぞれにおいて、最終検出を実行するステップと、
前記受信信号において連続干渉相殺を実行するステップとを有する方法。

第2のデータブロックを第2の複数の符号化された信号に符号化するステップと、
前記第1および前記第2の複数の各符号化された信号を、各送信アンテナにおいて送信するステップと、
前記送信された信号を複数の受信アンテナにおいて受信するステップと、
前記第1および前記第2のデータブロック信号を復号化するステップと、
平均からの偏差に基づいて、チャネル応答推定値を重み付けすることにより、チャネルパラメータを推定するステップとを有する方法。
【発明の詳細な説明】
【0001】
【発明の属する技術分野】本発明は全般に通信システムに関し、より詳細には、直交周波数分割多重化（OFDM）通信システムに関する。
【0002】
【従来の技術】高データ速度でのワイヤレスアクセスが多くの応用形態によって要望されている。従来から、より速いデータ速度で伝送するためには、より広い帯域幅が必要とされる。しかしながら、スベクトルには制限があるため、帯域を広げるための技術は多くの場合に、実用的ではなく、かつ/またはコストがかかる。

【0003】1つの知られているシステムでは、多数の送信アンテナおよび受信アンテナを用いて、スベクトル効率的およびデータ伝送を行っている。多数の送信アンテナを用いて、送信ダイバージティを行ったり、あるいは多入力多出力（MIMO）チャネルを形成したりすることができ。また、多数の送信アンテナは、ワイヤレスシステムにおいてダイバージティを提供するためにも用いられている。送信ダイバージティは、線形変換に基づいて、あるいは空間-時間符号化によって行うことができる。特に、空間-時間符号化は、符号効率が高いことができる。また、直交周波数分割多重化（OFDM）システムの効率および性能を改善することができる。多数の送信および受信アンテナを用いて、MIMOチャネルを形成する場合には、システム容量をさらに改善することができる。フラットフェーディングあるいは狭帯域チャネルを有する1入力1出力（SISO）システムと比較すると、MIMOシステムは、送信アンテナおよび受信アンテナの数のうちの最小値の倍数だけ容量を改善することができる。

【0004】図1は、データの送信サブシステムおよび受信サブシステムを含む従来のOFDMシステム10を示す。符号化サブシステム12は、データ源からのバイナリデータを符号化する。符号化されたデータは、インターリーブサブシステム14によってインターリーブされ、その後、フーリエサブシステム16によって、多振幅多相干システムフーリエボルムにフーリエ化される。ある特定の実施形態では、多振幅多相干システムフーリエボルムは4相位相変調（QPSK）シンボルを含む。その後、リモータサブスクライバユニット受信機においてチャネルを推定するためのパイロット信号を、パイロット挿入サブシステム18によって挿入することができ。シリアル/パラレル変換サブシステム20は、シリアルデータストリームを、逆高速フーリエ変換（IFFT）サブシステム22に供給されるパラレルデータストリームに変換する。
【0005】変換されたデータは、パラレル/シリアル変換器24によってシリアルデータストリームに変換される。サブシステム26によって巡回拡大大およびインボリ処理を加えることができ、その後、DAC28によってデジタル/アナログ変換され、アンテナシステム30によって送信される。OFDMシステムの受信部32は、受信したOFDM信号からデータを抽出するため、同じように対応する構成要素を備える。
【0006】図2に示されるように、知られているOFDMシステム10は、複数のサブスクライバ50を有する。重複する直交ワルチケリヤ変調技術を用いる。図3は、サブキャリアの直交特性を示す。より具体的には、1つのOFDMデータシンボルの4つのサブキャリア60はそれぞれ、インタリーブTにおいて、ある整数のサイクリスを有する。隣接するサブキャリア間のサイクル数は1だけ異なる。
【0007】1つの知られているOFDM送信システムでは、帯域幅が広くなく、空間-時間プロセッサの複雑さが増し、推定されるチャネルパラメータを用いて空間-時間プロセッサを構成するとき、その空間-時間プロセッサの性能が悪く劣化する。
【0008】それゆえ、信号検出を改善したMIMO OFDMシステムを提供することが望まれるであろう。さらに、チャネルパラメータ推定の精度を高めることが望まれるであろう。
【0009】
【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、多数の送信アンテナセットに対して、独立した空間-時間符号を用いるMIMO OFDMシステムを提供することである。受信機は、事前白色化し、その後最大復号化を用いて空間-時間符号を復号化する。この構成を用いる場合、MIMO OFDMシステムは、スベクトル効率のよい広帯域帯の通信を提供する。MIMO OFDMシステムは、チャネル遅延プロファイル推定値を判定し、かつそれを用いて、より正確なチャネルパラメータ推定を達成する。
【0010】
【課題を解決するための手段】本発明の一態様では、MIMO OFDM通信システムは、複数の送信アンテナおよび複数の受信アンテナを含む。第1および第2のデータブロックはそれぞれ、第1および第2の各空間-時間エンコードによって2つの信号に変換される。4つの

各合成信号は、各送信アンテナによって送信されるOFDMブロックを形成する。各受信アンテナは、4つの送信されたOFDMブロックの重ね合わせである信号を受信する。第1のデータブロックのための符号化された信号を検出し、かつ復号化する際は、第2のデータブロックのための符号化された信号は、干渉信号として取り扱われる。同様に、第2のデータブロックのための符号化された信号を検出し、かつ復号化する際は、第1のデータブロックのための符号化された信号は、干渉信号として取り扱われる。受信された信号は事前に白色化され、その後、最大復号化される。最大復号化はビタビ復号化を含むことができる。一実施形態では、最大復号化のための事前白色化は、所望の信号を最小平均二乗誤差（MMSE）で修復し、その後、残留干渉信号および雑音を白色化することを含む。

【0011】連続して干渉を相殺することにより、システムの性能を改善することができる。より具体的には、第1および第2のデータブロックが復号化された後、復号化された信号が観望をきむかか判定される。一方の復号化されたデータブロックが観望を含み、他方のデータブロックが観望を含まない場合、正確なデータブロック信号が再生成され、受信した信号から除去される。その後、他のデータブロックは修正された信号から再検出され、復号化される。

【0012】本発明のさらに別の態様では、MIMO OFDMシステムは、チャネルインパルス応答の空間的な相関から導出される比較的正確なチャネル遅延プロファイルを用いることにより、チャネルパラメータ推定を改善する。一般に、推定されたチャネル応答は、平均チャネル応答からの偏差に基づいて重み付けされる。相対的に正確なチャネル応答を、より大きく重み付けすることにより、チャネルパラメータ推定がより正確になる。
【0013】

【発明の実施の形態】本発明は、添付の図面とともに取上げられる以下の詳細な説明から、より十分に理解されるようになるであろう。
【0014】全般に、本発明は、MIMOチャネルを形成するために、多数の送信アンテナおよび受信アンテナを有する直交周波数分割多重化（OFDM）システムを提供する。この構成を用いると、チャネル推定および信号検出が改善される。

$$r_j[n,k] = \sum_{i=1}^N B_i[n,k] |h_i[n,k]| + w_j[n,k]$$

ただしpは受信アンテナの数に対応し、 H_j は $[n,k]$ は、i番目の送信アンテナおよびj番目の受信アンテナに対応、時間nにおけるk番目のトーンの場合のチャネル周波数応答を示し、 $w_j[n,k]$ は、j番目の受信アンテナ上の付加的な雑音ガウス雑音を示す。雑音は、分散 σ_n^2 で平均が0であり、雑々の時間n、

【0015】図4は、多数のアンテナを有するMIMO OFDMシステム100を示しており、ここでは、アンテナは、4本の送信アンテナTA1～4および複数の受信アンテナRA1～Pとして示される。4本の送信アンテナを有するMIMO OFDMシステムが示されるが、任意の数の送信アンテナを用いることができることは理解される。さらに、受信アンテナの数は、送信アンテナの数以上になるであろう。
【0016】MIMO OFDMシステム100は、第1のデータブロックb1 $[n,k]$ を受信する第1の空間-時間符号化器STE1と、第2のデータブロックb2 $[n,k]$ を受信する第2の空間-時間符号化器STE2とを備える。トーンkにおける時間nでは、2つの各データブロック、{b1 $[n,k]$: k=0、1、...、}（i=1および2）は、第1および第2の空間-時間符号化器STE1およびSTE2を通じて、それぞれ2つの信号{t2+i $[n,k]$: k=0、1、...、&i=1、2}（i=1および2）に変換される（式1～3）。符号化された各信号は、OFDMブロックを形成する。送信アンテナTA1～4は、各信号tmi $[n,k]$ （i=1、...、4）によって、各逆高速フーリエ変換IFFT1～4で変調した後に、OFDM信号を送信する。
【0017】アンテナTA1～4によって送信された信号は、受信アンテナRA1～RAPによって受信される。受信された信号r1 $[n,k]$ 、r2 $[n,k]$ 、...、rP $[n,k]$ はそれぞれ高速フーリエ変換（FFT）サブシステムFFT1～FFT Pによって変換され、空間-時間プロセッサSTPに供給される信号を生成し、プロセッサSTPは検出された信号情報を、第1および第2の各空間-時間復号化器STD1およびSTD2に供給する。チャネルパラメータ推定器CPEは、その変換された信号を受信し、その変換された信号からチャネルパラメータ情報が判定され、その後、信号を復号化する際を用いるために空間-時間プロセッサSTPに供給される。

【0018】各受信アンテナRA1～RAPにおいて受信された信号は、4つの重みを含んで送信された信号の重ね合わせであり、それは、j=1、...、pの場合に以下の式（1）において表すことができる。
【数1】

$$\text{式(1)}$$

トーンkおよび受信アンテナjの場合に相関がないものと仮定される。
【0019】OFDM信号の入力-出力の関係は、以下の式（2）～（4）に記載されるようなベクトル形式で表すこともできる。
【数2】

式(2)

のフックラ周波数で用いられ、種々の送信および受信アンテナに対するチャネルは、同じ統計的性質を有する。4本の送信アンテナと種々の数の受信アンテナを用いて、4人分出力OFDMシステムを形成した。

【0042】 OFDM信号を構成するために、全チャネル帯域幅 1.25 MHz が、256 サマチャネルに分割され、両端のそれぞれ2つのサマチャネルはガードトーンとして用いられ、残り(252トーン)は、データを送信するために用いられる。互いに直交するトーンを形成するために、シンボル持続時間は約20.4 μ secである。付加的な20.2 μ secガードトーンパルスは、チャネルマルチパス遅延スプレッドに起因する、シンボル間干渉から保護するために用いられる。この結果、全フックラ長Tは約22.5 μ secになり、サマチャネルシンボルレート f_s は4.44 kボーになる。

【0043】 4PSKとともに16状態空間-時間符号が用いられる。各サマチャネルは、500ビットを占め、2つの異なるフックラに符号化され、各フックラは底波に252シンボルを有し、OFDMフックラを形成する。それゆえ、OFDMシステムは、4本の送信アンテナを有し、2空間-時間コードワード(全1000ビット)を送信することができる。各タイムスロットは、100FDMフックラを含み、最初のフックラはトレーニングのために、残りの9フックラはデータ伝送のために用いられる。従って、そのシステムは、1.25 MHzサマチャネルにわたって4Mビット/秒の速度でデータを送信することができる。すなわち、その送信効率は3.2ビット/秒/Hzである。

【0044】 図5A～図6Bは、種々のチャネル遅延プロファイル、受信アンテナの数、および抽出技術を用いる、本発明によるMIMO OFDMシステムのシミュレートされた性能を示す。図5Aは、性能改善に関するアンタリーフ効果の効果を明示する。アンタリーフを行うことにより、10%WERを達成するために必要とされるSNRは、TUチャネルの場合に1.5dBだけ、HTチャネルの場合に0.7dBだけ改善される。HTチャネルは、アンタリーフ前にはTUチャネルより優れたダイバーシタリを有するため、アンタリーフ処理は、HTチャネルの場合、TUチャネルの場合よりも小さな利得しか得ない。

【0045】 図6A～図6Bは、種々の抽出技術の場合のアンタリーフ処理を有するシステムのWERを比較する。図に示されるように、CRCおよび符号品質(MMSE)に基づき遅延干渉相殺を用いるシステムは、それぞれ2.5dBおよび1.8dBだけ10%WERのために必要とされるSNRを低減することができる。図5A～図5Bの全ての性能曲線は、4本の送信アンテナと4本の受信アンテナを有するOFDMの場合を示す。受信アンテナの数が増えると、図6A～図6Bに見

られるように、性能が改善される。具体的には、受信アンテナの数が4本から6本に増える場合には、TUあるいはHTチャネルのいずれのOFDMシステムも、約4dBだけの性能が改善されるであろう。

【0046】 図7A～図7Bは、40Hzのフックラ周波数の種々のチャネルの場合、理想的なチャネルバリエータおよび推定されるチャネルバリエータを有するMIMO OFDMシステムの性能を比較する。図7Aから、10%WERのために必要とされるSNRは、遅延干渉抑圧および空間-時間符号化のための推定されたチャネルバリエータを用いるMIMO OFDMシステムの場合に10～11dBであり、それは、信号抽出および符号化の場合の理想的なチャネルバリエータを用いる場合よりも1.5～2dB高くなる。さらに多くの受信アンテナを用いると、図7Bに示されるように、性能が改善される。具体的には、推定されたチャネルバリエータを用いるシステムの場合、10%WERのための必要とされるSNRは、受信アンテナの数が4本から6本、および6本から8本に増えたときに、それぞれ4.5dBおよび2dBだけ改善される。

【0047】 図8A～図8Dは、種々のフックラ周波数を有するOFDMシステムの性能を比較する。フックラ周波数が高くなると、チャネル推定誤差が大きくなり、それゆえシステムは、より劣化するようになる。4本の送信アンテナおよび4本の受信アンテナを用いるMIMO OFDMシステムの場合、10%WERのために必要とされるSNRは、フックラ周波数が40Hzから100Hzに上昇するときに、2.4dBだけ劣化する。しかしながら、さらに受信アンテナを増やすと、劣化は低減される。10本の受信アンテナを用いる場合には、その劣化はわずか約0.4dBである。

【0048】 本発明は、システム容量を増加させる多入力多出力(MIMO)システムを構成するために、種々の送信アンテナおよび受信アンテナを有するOFDMシステムを提供する。M1復号化および遅延干渉相殺のための事前白色化技術が明示される。4入力/4出力OFDMシステムにこれらの技術を用いると、正確なデータ伝送速度は、1.25 MHzワイヤレスチャネルにわたって4Mビット/秒に達する1.0～1.2dB SNRは、無線環境および500ビット/秒までのコード高の場合の信号抽出技術による。本発明によるMIMO OFDMシステムは、高データ速度のワイヤレスシステムにおいて、有効に使用することができる。

【0049】 当業者には、上記の実施形態に基づく本発明のさらに別の特徴および点は理解されよう。従って、本発明は、図示の請求の範囲によって示されるものを除いて、具体的に図示および説明されてきた内容に限定されるべきではない。全ての刊行物および引用された参考文献は、その全体を参照して特に本明細書に適用し

ている。

【0050】 【発明の効果】 上記のように本発明によれば、受信機において、事前白色化し、その数値化復号化を用いて空間-時間符号を復号化することにより、スベクトル効率的および広帯域通信を行うことができるMIMO OFDMシステムを実現することができる。またそのMIMO OFDMシステムは、チャネル遅延プロファイル推定を判定し、それを用いて、より正確なチャネルバリエータ推定を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 従来の直交周波数分割多重化(OFDM)システムを示すブロック図である。

【図2】 図1のOFDMシステムにおいて用いられるサマチャネルを示す従来のグラフである。

【図3】 図1のOFDMシステムにおいて用いられる直交サマチャネルを示す従来のグラフである。

【図4】 本発明によるMIMO OFDMシステムの一他のブロック図である。

【図5】 種々のチャネル遅延プロファイルおよび抽出技術を有する本発明によるMIMO OFDMシステムのグラフである。

技術を有する本発明によるMIMO OFDMシステムのグラフである。

【図6A】 種々の受信アンテナの数のおよび抽出技術を有する本発明によるMIMO OFDMシステムのグラフである。

【図6B】 種々の受信アンテナの数のおよび抽出技術を有する本発明によるMIMO OFDMシステムのグラフである。

【図7A】 理想的なチャネルバリエータおよび推定されたチャネルバリエータを有する本発明のMIMO OFDMシステムを比較するグラフである。

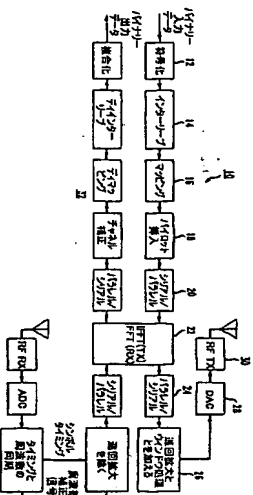
【図7B】 理想的なチャネルバリエータおよび推定されたチャネルバリエータを有する本発明のMIMO OFDMシステムを比較するグラフである。

【図8A】 種々のフックラ周波数を有する本発明によるMIMO OFDMシステムのグラフである。

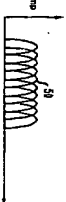
【図8B】 種々のフックラ周波数を有する本発明によるMIMO OFDMシステムのグラフである。

【図8C】 種々のフックラ周波数を有する本発明によるMIMO OFDMシステムのグラフである。

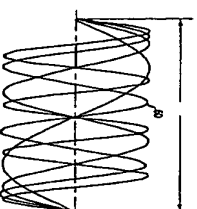
【図1】



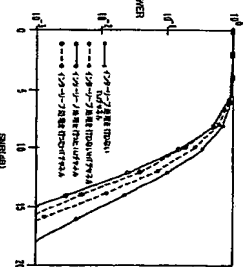
【図2】



【図3】



【図5A】



【図5B】

